

文章编号:1673-5021(2008)03-0088-06

我国草原蝗虫生物防治技术及研究进展

孙涛¹, 龙瑞军^{2,*}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008;

2. 兰州大学青藏高原生态系统管理国际中心/草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

摘要:系统总结了利用微生物、牧鸡牧鸭和粉红椋鸟等生物方法防治草原蝗虫的技术,并对我国草原蝗虫生物防治技术的研究现状作了初步探讨,同时就生物防治草原蝗虫存在的问题进行简要分析,以期为以后开展相关研究提供技术依据和参考价值。

关键词: 草地;蝗虫;生物防治;研究进展

中图分类号: S812.6 **文献标识码:** A

草原是我国面积最大的陆地生态系统,是畜牧业发展的重要物质基础和农牧民赖以生存的基本生产生活资料。然而,自20世纪60年代以来,出现了大面积草地退化、沙化与盐碱化,草地退化和沙化使得裸露土地越来越多,为蝗虫的产卵和繁殖创造了有利条件,导致蝗虫大面积发生^[1]。2003年,我国西部的内蒙古、新疆、青海、西藏和甘肃等地,草原蝗灾面积约110万hm²,严重威胁到天然草原保护和植被恢复,破坏了草原生态系统,制约了西部经济发展,影响了牧民生活^[2]。蝗虫品种多,分布广,仅草原上有害蝗种就有20多种^[3]。在草原蝗灾的治理中,目前最主要的防治手段是化学防治,这种防治方法虽然具有快速、高效、使用方便等优点,但是随着化学农药品种及数量的增加以及无限制地使用农药,已导致一系列难以解决的问题,如蝗虫抗药性、农药效能降低、蝗虫天敌被杀、生态平衡破坏、产生残毒等等^[4]。为此,广大科研人员和草原工作者在长期的生产和科研实践中,经过探索和试验总结出了用生物技术防治草原蝗虫的方法,并日益受到人们的高度重视,尤其是近些年来开展了许多该方面的研究与开发利用工作。本文着重阐述有关草原蝗虫生物防治技术研究及其应用的最新进展,以期为更有效地防治草原蝗虫提供技术依据。

1 微生物防治

1.1 蝗虫微孢子虫灭蝗

国内外较早成功用于草原蝗虫防治的致病微生物是蝗虫微孢子虫(*Nosema locustae*),于20世纪50年代从非洲飞蝗(*Locusta migratoria migratorioides*)体内分离并命名^[5],它是微孢子纲、微孢子

目、微孢子科(Nosematidae)、微孢子属的一种,为单一性活体寄生虫,能感染100多种蝗虫及其它直翅目昆虫^[6],在我国至少有28个优势种蝗虫对该病敏感^[7]。蝗虫微孢子虫防治蝗虫具有操作简便、效果持久、成本低廉(仅为化学农药的1/2~2/3)、环境友好等优点。已知蝗虫微孢子的传播途径有经卵的垂直传播和经口的水平传播,包括取食受污染食物及病、健虫互相残杀^[8,9],传播机率与蝗虫虫口密度密切相关,但在高寒草甸这种关系尚需进一步验证^[10]。被微孢子虫寄生感病后,蝗虫取食量、活动能力、雌虫产卵量及孵化率均受到明显影响,15~20d后便死亡。蝗虫微孢子虫在国内外已成功用于草地蝗灾的可持续治理中,Henry^[11]用双带黑蝗(*Melanoplus bivittatus*)做替代寄主来增殖微孢子虫,用来防治草原蝗虫并取得了明显成效,发展成为第一个商品化的微孢子虫杀虫剂。我国自1986年从美国引进蝗虫微孢子虫后,经多年不断研究^[12],目前已成功地用于我国草原蝗害的治理中,累积示范试验面积达50多万hm²。我国发现的蝗虫微孢子虫——亚蝗微孢子虫(*Nosema asiaticus* Wen)能侵染17种蝗虫,在河北省平山县、新疆木垒县进行的野外防治试验中均取得了很好的效果^[13]。中国农业大学自20世纪90年代初就开展了用微孢子虫

*通讯作者, E-mail: longrj@lzu.edu.cn

收稿日期:2007-12-13;修回日期:2008-03-03

基金项目:国家自然科学基金重点项目(30730069);国家自然科学基金青年项目(30600426)

作者简介:孙涛(1979-),男,甘肃通渭人,博士研究生,研究方向为草地蝗虫营养生态。

防治蝗虫的研究,经过多年的发展完善,现已形成用蝗虫微孢子虫治蝗的可持续防治对策及配套技术体系,取得了明显的社会效益和生态效益。

1.2 苏云金杆菌防治草地蝗虫

苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis* Bt),是Berliner1915年从地中海粉螟中分离出的一种芽孢杆菌,因这种菌在德国苏云金地区被发现,故而就以它为横式种定名为苏云金芽孢杆菌^[14]。自发现以来,苏云金芽孢杆菌这一类型的细菌杀虫剂已成为微生物防治害虫的主要手段之一,在害虫防治中发挥了很大作用。它具有化学杀虫剂所不可比拟的优点,如不产生抗药性,无残毒,不污染环境,不杀伤害虫的天敌,具有成本低,药效持久,杀虫速度快,杀虫谱广等众多优点^[15]。经初步统计,在我国利用苏云金芽孢杆菌已试验或防治的鳞翅目、双翅目、鞘翅目害虫多达40多种^[16]。朱文等^[17]从32株苏云金杆菌亚种中筛选到一株对青海、四川草原优势种蝗虫具有较强致死作用的菌株Bt7,以3750ml/hm²的剂量对草地3龄蝗虫的大面积防效可达70%;同时,他们就草地蝗虫感染苏云金杆菌后其组织和细胞的病理变化进行深入细致的研究,为进一步推广运用Bt防治草地蝗虫提供了理论依据^[18]。尽管苏云金杆菌用于防治草原蝗虫的工作起步时间不长,但是随着相关研究的不断具体和深入,苏云金杆菌的应用范围将进一步扩大,它必将为草原蝗虫的生物防治开辟一条新的途径,在草原蝗虫的防治中具有重要的推广应用价值^[17]。

1.3 绿僵菌防治草地蝗虫

绿僵菌为*Metarhizium*属,到目前为止该属共有12个种和变种^[19]。国外于20世纪90年代初开始绿僵菌治蝗的试验,并在随后几年在非洲进行大面积田间推广试验,取得不错效果^[20]。我国在20世纪90年代中期开始绿僵菌防治蝗虫田间试验,中国农科院生防所做了大量绿僵菌治蝗的研究,陆庆光^[21]就四种不同绿僵菌菌株对东亚飞蝗毒力进行初步观察;张克勤报道了绿僵菌治蝗室内防治效果,第3d出现蝗虫死虫,7d后死亡率达到50%以上,10d高达100%。1996年陆庆光等对绿僵菌防治东亚飞蝗进行了0.4hm²的田间试验,治理效果显著^[22],先后在内蒙古、青海、新疆、甘肃等地不同类型草地上进行了大面积的研究推广示范,对各地蝗虫优势种群防效均在74%以上,其中在内蒙古草原经绿僵菌处理后蝗虫的虫口减退率达到89.7%^[23,24]。

李保平等^[25,26]在新疆干旱荒漠草原和山地草原开展了用绿僵菌油剂防治蝗虫的研究,试验结果表明绿僵菌治蝗一方面可迅速达到控制高密度蝗群的目的,同时还可控制蝗虫长期传播,并进一步证实绿僵菌对草原蝗虫控制具有杀虫谱广和适于不同气候条件等优点。因此,绿僵菌作为防治草原蝗虫的一种专性生物制剂,可以持续有效控制草原蝗虫种群密度保持在经济受害水平以下,且对其它草地昆虫无害,无二次中毒,对环境友好,在防蝗实践中具有极大推广潜力。

1.4 蝗虫痘病毒防治蝗虫

昆虫痘病毒(*Entomopoxvirus*,简称EPV)在分类上属于痘病毒科(*Poxviridae*)昆虫痘病毒亚科(*Entomopoxvirinae*),是一类有大型包涵体(*Occlusion bodies*)的病毒。昆虫痘病毒侵入寄主体内后,在脂肪体细胞中复制,使寄主感病而死亡。1966年Henry^[27]从血黑蝗(*Melanoplus sanguinipes*)中首次分离出蝗虫痘病毒,之后报道6个种。我国最早报道的蝗虫痘病毒是新疆西伯利亚蝗痘病毒(*Gomphocerus sibiricus* EPV)^[28],之后又在鳞翅目和鞘翅目上先后分离到粘虫痘病毒和羊毛丽金龟痘病毒^[29,30]。王丽英在我国新疆和内蒙古草原痘病毒流行时,陆续从病死蝗虫中分离了亚洲小车蝗等五种痘病毒,并就寄主范围、病理观测和治病力做了初步测定^[31]。中国农业大学昆虫病理室对亚洲小车蝗的形态、发生、生物学及生化特性展开深入研究,对意大利蝗痘病毒一些特性做了相关分析^[32]。王思芳等^[33,34]用电子显微镜就亚洲小车蝗痘病毒的形态、超微结构及在寄主体内的形态发生过程进行观察,并就经黄胫小车蝗增殖的亚洲小车蝗痘病毒的DNA和结构蛋白特性开展深入研究,进一步评价其杀虫效果,研制成病毒杀虫剂,在草原蝗灾的治理中已开始应用;王思芳等人又测定了亚洲小车蝗痘病毒对黄胫小车蝗的室内杀虫效果及用黄胫小车蝗增殖该病毒的最适接种剂量^[35]。后来又有研究人员^[36,37]进行亚洲小车蝗痘病毒防治草原蝗虫的试验,以及将意大利蝗痘病毒和绿僵菌混合使用来控制意大利蝗的研究。

2 牧鸡、牧鸭治蝗

蝗虫作为一种重要的动物性营养源,富含优质高蛋白,此外还含有多种微量元素及丰富维生素^[38,39]。蝗虫体壁主要由鞣化蛋白质组成,容易消

化吸收,是鸡、鸭等家禽及其它一些动物的优质饲料。近年来,一些地方采用牧鸡、牧鸭灭蝗,在控制草地蝗虫的同时取得不错的经济效益、社会效益和生态效益。

草地牧鸡、鸭灭蝗是一项环境友好型生物灭蝗新技术,它利用鸡、鸭与蝗虫之间具有食物链关系的原理,把鸡、鸭群投放到发生虫害的草地上放牧,通过鸡鸭取食蝗虫来有效控制蝗虫种群数量,使之保持在一定的种群密度之下,从而达到保护草地资源的目的^[40]。我国科研人员在内蒙古、青海、新疆等地先后成功开展了利用牧鸡防治草原蝗虫试验,并取得显著经济和生态效益^[23,41,42]。王忠华等^[26]在锡林郭勒草原进行的牧鸡治蝗试验表明,每只鸡每天可捕食蝗虫30只左右,一只牧鸡在有效放牧时间内可保护1300m²多的草场。颜生林等^[27]探讨高寒牧区特殊气候条件下牧鸡治蝗的技术与效果,为该项技术在高寒地区推广提供相关技术依据。侯丰^[43]就牧鸡防治草地蝗虫技术与效果作了详细报道。我国草原工作者在灭蝗的实践中也摸索出了牧鸭防治草地蝗虫的技术,先后在新疆天山草原和博州赛里木湖地区草地上用牧鸭实施大面积灭蝗,取得不错效果,并为高山草原灭蝗提供了参考依据^[44,45]。颜生林等^[27,46]在青海高寒牧区进行养鸭灭蝗试验,也取得良好效果。牧鸡、牧鸭治蝗在我国一些地方得以成功开展,取得了可喜的经济、生态和社会效益,尽管这项技术在实际实施过程中也存在这样那样的缺陷,但只要能在灭蝗的实践中不断总结、完善这项技术,并采取灵活的方法因地制宜合理运用,就一定可使这项技术在草地蝗虫防治中发挥重要作用,同时也会为我国鸡鸭养殖、缓解动物性蛋白缺乏等提供一条经济有效的可持续发展路子。

3 粉红椋鸟控制蝗虫

我国蝗虫天敌资源极为丰富,其种类和数量都较多,如天敌昆虫、鸟类、爬行动物以及两栖动物等,它们对抑制蝗虫群落数量、减少群集和群集种群的增长速度、维护草原营养链平衡具有不可忽视的作用^[47]。昆虫类天敌如虎甲、似步甲、蜘蛛、蚂蚁、芜菁类、寄生蝇类、寄生蜂类等,鸟类天敌如粉红椋鸟、百灵鸟、灰椋鸟、燕鸽、喜鹊、灰喜鹊、云雀、麻雀等,爬行类的蛇、蜥蜴等,它们都是捕食蝗虫的能手,尤其是粉红椋鸟在我国新疆草地蝗虫的控制中起到极为关键的作用。

粉红椋鸟属雀形目椋鸟科,主要分布于前苏联、中亚、西亚至东欧,在国内分布于新疆境内的博乐至巴里坤的北疆、天山一带,伊犁、塔城谷地和阿勒泰山地、吐鲁番和喀什等地也有分布。粉红椋鸟分布区生态地理环境从海拔900m的低山丘陵区至海拔2300m的山地草原,分布区多为荒漠、半荒漠山地和草甸草原区,而这些地方绝大部分为蝗害经常发生区。每年5月初,粉红椋鸟迁飞到新疆,立秋时又返回越冬。在新疆停留的这个阶段正是它们孕育繁殖下一代时期,需要给幼鸟补给充足营养,而此时正是草地蝗虫大量发生期。利用粉红椋鸟与草原蝗虫存在的食物链关系,充分发挥粉红椋鸟灭蝗的作用,在灭蝗实践中已得到广泛的应用,在伊犁、塔城、哈密等地利用人工筑巢,招引粉红椋鸟来控制草地蝗虫,取得了可喜的成果^[48]。在繁殖期和育雏期,一只粉红椋鸟每天可取食蝗虫120~180头,每年将近有400万只粉红椋鸟,可以有效控制13万hm²草原。随着粉红椋鸟栖息地以及生活场所的条件逐年改善,粉红椋鸟的数量会进一步扩大,必为防治草原蝗虫发挥更加重要的作用。

4 问题与展望

近年来虽然在草原蝗虫的生物防治方面取得了一些进展,但由于生物防治在草原蝗虫防治中开展的时间较短,尚有许多问题需在今后的工作中做进一步深入研究并逐步得以解决。目前,在草地害虫生防上应用较多的是利用微生物实现对蝗灾的控制,但由于我国相关领域的研究起步较晚,许多病原微生物资源的研究和应用尚处于初始阶段,生产化和商品化的程度不高,生物制剂成本偏高^[4],产品使用过于繁琐,新产品宣传力度不够,影响了牧民接受和使用的积极性。另外,生物制剂发挥作用较缓慢,易受环境条件特别是气象因子及寄主自身条件影响,效果不甚稳定。此外,我国缺乏对草原蝗虫灾害生物防治技术长期深入系统研究。为此,国家应加大对草地蝗虫生物防治的投入和支持力度,如蝗虫天敌的进一步挖掘和利用;病原微生物的进一步筛选及应用;生态调控技术的使用;等等。要加强牧民对草原生态环境安全的保护意识,让生物防治对环境无害、对天敌安全,保护生态环境理念在广大牧民当中不断得到深入和加强,提高他们对生态环境保护的认识;同时,积极宣传新的生物防治方法和技术,重视生物技术推广应用和现场演示,让牧民熟悉

使用方法和注意事项,提高使用效率,只有这样一些最新的生物防治技术和方法才能快速有效地得以全面推广和应用。

鉴于生物防治具有不污染环境、对天敌无害、成本低廉等众多优点,从长远发展的眼光来看它必将是未来实现草原蝗虫有效管理和草地可持续发展的主要努力方向。因此,进一步加强和重视生防的基础应用研究,积极推广已有研究成果,并不断开辟新的生防途径,可望使我国草原蝗中灾害得以有效控制,以达到保护草原和农牧业可持续发展的目标。

参考文献(References):

- [1] 颜忠诚,陈永林.草原蝗虫的栖境选择[J].动物学报,1997,43(1):110-111.
Yan Zhongcheng, Chen Yonglin. Habitat selection in grasshoppers in typical steppe[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1997, 43(1):110-111.
- [2] 陈永林.认识草原蝗害[J].大自然探索,2003,(12):20.
Chen Yonglin. The acquaintanceship of grasshopper[J]. *Explore Nature*, 2003,(12):20.
- [3] Chen Yonglin. The locust and grasshopper pests of China[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999.
- [4] David H, Branson, Anthony Joern, Gregory A, Sword. Sustainable management of insect herbivores in grassland ecosystems: New perspectives in grasshopper control[J]. *Bio Science*, 2006, 56(9):743-757.
- [5] Canning E U. The life cycle of *Nosema locustae* in *Locusta migratoria migratorioides* (Reiche and Fairmaie) and its infectivity to other hosts[J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 1962,(4):234-247.
- [6] Henry J E. Control of insects by Protozoa[C]// Eds Baker R, Dunn P E. New directions in biological control: Alternatives for suppressing agricultural pests and diseases. New York: A R Liss, 161-176.
- [7] 张龙.蝗虫微孢子虫及其在蝗害治理中的作用[J].生物学通报,1999,34(2):11-12.
Zhang Long. *Nosema locustae* and the role in the controlling grasshopper harm[J]. *Bulletin of Biology*, 1999, 34(2):11-12.
- [8] 张龙,周海鹰.蝗虫微孢子虫对雌性东亚飞蝗生殖器官感染的初步观察[J].中国生物防治,1995,11(2):93-94.
Zhang Long, Zhou Haiying. The preliminary observation of *Nosema locustae* infecting the genitalia of female *Locusta migratoria manilensis* [J]. *Chinese journal of Biological control*, 1995, 11(2):93-94.
- [9] Jenkins N E, Goettel M S. Methods for mass-production of microbial control agents of grasshoppers and locusts[J]. *Men Entomol Soc. Can*, 1991, 171:37-48.
- [10] 巩爱岐,刘晓健,蒋湘,张龙.蝗虫微孢子虫疾病在青海草原蝗虫种群中的传播[J].中国生物防治,2003,19(3):118-121.
Gong Aiqi, Liu Xiaojian, Jiang Xiang, Zhang Long. Transmission of *Nosema locustae* disease in grasshopper populations in Qinghai grassland [J]. *Chines Journal of Biological Control*, 2003, 19(3):118-121.
- [11] Henry J E. Experiment application of *Nosema locustae* for control of grasshopper[J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 1971, 18:389-394.
- [12] 陈广文,董自梅,宇文延清.蝗虫微孢子虫的生产及田间应用现状[J].生物学通报,2005,40(5):44-46.
Chen Guangwen, Dong Zimei, Yuwen Yanqing. Production and application of *Nosema locustae* (Microsporidia nosematidae) for control of grasshoppers [J]. *Bulletin of Biology*, 2005, 40(5):44-46.
- [13] 问锦曾.亚蝗微孢子虫新种记述[J].动物分类学报,1996,21(4):385-387.
Wen Jinzeng. Note on *Nosema asiaticus* sp. nov. (Microspora: Nosematidae) [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 1996, 21(4):385-387.
- [14] 戴莲韵,王学聘.苏云金芽孢杆菌研究进展[M].北京:科学出版社,1997.
Dai Lianyun, Wang Xuepin. The progress of bacillus thuringiensis [M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [15] 王卫国,赵永亮.害虫的苏云金杆菌(Bt)控制[J].生物学杂志,1993,53:21-24.
Wang Weiguo, Zhao Yongliang. Control of pest through *Bacillus thuringiensis* [J]. *Journal Biology*, 1993, 53:21-24.
- [16] 彭中允.中国苏云金杆菌工作的主要成就[J].昆虫知识,1992,29(3):182-184.
Peng Zhongyun. The main achievement of research on *Bacillus thuringiensis* in China [J]. *Entomological Knowledge*, 1992, 29(3):182-184.
- [17] 朱文,杨志荣,葛绍荣,侯若彤,刘世贵,汪志刚.苏云金杆菌防治草地蝗虫的研究[J].西南农业学报,1995,8(2):61-64.
Zhu Wen, Yang Zhirong, Ge Shaorong, Hou Ruotong, Liu Shigui, Wang Zhigang. Studies on biological control of grasshopper with *Bacillus thuringiensis* [J]. *Southwest China Journal of Agriculture Science*, 1995, 8(2):61-64.
- [18] 朱文,杨志荣,刘世贵,侯若彤.苏云金杆菌对草地蝗虫的致病机理[J].西南农业学报,1996,9(2):67-72.
Zhu Wen, Yang Zhirong, Liu Shigui, Hou Ruotong. The pathogenesis of *Bacillus thuringiensis* to grassland locusts [J]. *Southwest China Journal of Agriculture Science*, 1996, 9(2):67-72.
- [19] Jeffrey A L, Charles R B, Ewen A B. The history of biological control with *Nosema locustae* lessons for locust management[J]. *Insect Sci. Applic*, 1999, 19(4):333-350.
- [20] 邱式邦.1993年非洲利用绿僵菌油剂防治蝗虫和蚱蜢的试验结果[J].生物防治通报,1994,10(4):186.
Qiu Shibang. The experimental results of utilizing *Metarhizium flavoviride* control grasshoppers in Africa [J]. *Biological*

- cal control bulletin, 1994,10(4):186.
- [21] 陆庆光, 邓春生. 四种不同绿僵菌菌株对东亚飞蝗毒力的初步观察[J]. 生物防治通报, 1993, 9(4):187.
Lu Qingguang, Deng Chunsheng. The preliminary observation of virulence of four different *Metarhizium flavoviride* to *Locusta migratoria manilensis* [J]. *Biological Control Bulletin*, 1993, 9(4):187.
- [22] 陆庆光, 邓春生, 陈长风. 应用绿僵菌防治东亚飞蝗田间试验[J]. 昆虫天敌, 1996, 18(4):147-150.
Lu Qingguang, Deng Chunsheng, Chen Changfeng. The field experiment with *Metarhizium flavoviride* control *Locusta migratoria manilensis* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1996, 18(4):147-150.
- [23] 张泽华, 高松, 张刚应, 王扬. 应用绿僵菌油剂防治内蒙草原蝗虫的效果[J]. 中国生物防治, 2000, 16(2):49-52.
Zhang Zehua, Gao Song, Zhang Gangying, Wang Yang. Using *Metarhizium flavoviride* oil spray to control grasshoppers in Inner Mongolia grassland[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2000, 16(2):49-52.
- [24] 刘宗祥. 绿僵菌防治草原蝗虫技术推广中存在的问题及对策[J]. 草业科学, 2003, 20(5):27-29.
Liu Zongxiang. Count-measures and problems on the technical extensive for the control of locusts and grasshoppers with *Metarhizium flavoviride*[J]. *Pratacultural Science*, 2003, 20(5):27-29.
- [25] 李保平, Roy Bateman, 李国有. 绿僵菌油剂防治新疆山地草原蝗虫的田间试验[J]. 中国生物防治, 2000, 16(4):145-147.
Li Baoping, Roy Bateman, Li Guoyou. Field trial on the control of grasshoppers in mountain grassland by oil formulation of *Metarhizium flavoviride* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2000, 16(4):145-147.
- [26] 李保平, 孙国庆, 李国有. 绿僵菌油剂防治荒漠草原蝗虫的田间试验[J]. 中国草地, 1999, (5):53-56.
Li Baoping, Sun Guoqing, Li Guoyou. Field trial of control desert grassland locust with oil preparation of *Metarhizium flavoviride* [J]. *Grassland of China*, 1999, (5):53-56.
- [27] Henry J E. The isolation of a polyhedrosis virus from a grasshopper[J]. *Journal Invertebr Pathol*, 1966, (8):417-418.
- [28] 黄传贤, 李维琪, 刘芳政. 西伯利亚蝗的一种昆虫痘病毒[J]. 植物保护, 1981, 7(5):12.
Huang Chuanxian, Li Weiqi, Liu Fangzheng. A Entomopoxvirus of *Gomphocercus sibiricus* [J]. *Plant Protection*, 1981, 7(5):12.
- [29] 曾凡济. 粘虫痘病毒的分离及鉴定[J]. 自然杂志, 1982, 5(6):475-477.
Zeng Fanji. The separation and identification of Entomopoxvirus [J]. *Nature Magazine*, 1982, 5(6):475-477.
- [30] 丁翠, 蔡秀玉. 羊毛丽金龟痘病毒的显微镜研究[J]. 昆虫学报, 1985, 28(1):30-35.
Ding Cui, Cai Xiuyu. The research of Entomopoxvirus of *Proagoperttha luciclula* with microscope [J]. *Acta Entomological Sinica*, 1985, 28(1):30-35.
- [31] 王丽英. 我国草原蝗虫痘病毒资源调查[J]. 中国农业科学, 1994, 27(4):60-63.
Wang Liying. Surveys of entomopoxviruses of rangeland grasshoppers in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1994, 27(4):60-63.
- [32] 李永丹, 王丽英, 阿不都外力. 意大利蝗痘病毒一些特性研究[J]. 昆虫学报, 1998, 41(增刊):104-110.
Li Yongdan, Wang Liying, Abudouweili. Some characteristic of *Calliptamus italicus* Entomopoxvirus [J]. *Acta Entomological Sinica*, 1998, 41(S.P.):104-110.
- [33] 王思芳, 李桂舫, 王丽英. 亚洲小车蝗痘病毒的电镜研究[J]. 莱阳农学院学报, 1996, 13(2):129-133.
Wang Sifang, Li Guifang, Wang Liying. The research of *Oedaleus asiaticus* Entomopoxvirus by electron microscope [J]. *Journal of Qingdao Agricultural University*, 1996, 13(2):129-133.
- [34] 王丽英, 王思芳, 任钢. 经黄胫小车蝗增殖的亚洲小车蝗痘病毒DNA和结构蛋白的特性[J]. 病毒学报, 1995, 11(4):351-356.
Wang Liying, Wang Sifang, Ren Gang. Characteristic of structural protein and DNA of *Oedaleus asiaticus* Entomopoxvirus propagated by *Oedaleus infernalis* [J]. *Chinese Journal of Virology*, 1995, 11(4):351-356.
- [35] 王思芳, 王丽英, 李永丹. 亚洲小车蝗痘病毒室内杀虫效果[J]. 中国生物防治, 1997, 13(1):17-19.
Wang Sifang, Wang Liying, Li Yongdan. The indoor poisoning efficiency of *Oedaleus asiaticus* Entomopoxvirus [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1997, 13(1):17-19.
- [36] 高灵旺, 谢克勉. 亚洲小车蝗痘病毒田间杀虫效果[J]. 中国生物防治, 1997, 13(4):157-158.
Gao Lingwang, Xie Kemian. The field poisoning efficiency of *Oedaleus asiaticus* Entomopoxvirus [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 1997, 13(4):157-158.
- [37] 李永丹, 覃晓春, 赵朝阳, 王丽英. 亚洲小车蝗痘病毒对绿僵菌治蝗的增效作用[J]. 中国生物防治, 2003, 19(3):115-117.
Li Yongdan, Tan Xiaochun, Zhao Chaoyang, Wang Liying. The enhancement of *Metarhizium anisopliae* infection in grasshopper control by *Oedaleus asiaticus* Entomopoxvirus [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2003, 19(3):115-117.
- [38] 熊正英, 席碧侠, 张昆茹, 何地平. 四种蝗虫营养成分的分析与评价[J]. 营养学报, 1999, 21(4):474-477.
Xiong Zhengying, Xi Bixia, Zhang Kunru, He Diping. Analysis and evaluation of nutritional components of four species of grasshoppers [J]. *Acta Nutrients Sinica*, 1999, 21(4):474-477.
- [39] 祁芳, 李岗生. 昆虫的营养成分及饲用价值[J]. 张家口农专学报, 2001, 17(2):25-26.
Qi Fang, Li Gangsheng. The feeding value and nutritional composition of insect [J]. *Journal of Zhangjiakou Agricultural College*, 2001, 17(2):25-26.

- [40] 于海清,于向东,王雪姿,韩军,马明. 草地牧鸡灭蝗技术研究与应用情况的报告[J]. 现代畜牧兽医,2006,(8):20-21.
Yu Haiqing, Yu Xiangdong, Wang Xuezi, Han Jun, Ma Ming. The report of technology and application utilizing herding chicken control grasshoppers [J]. *Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2006, (8):20-21.
- [41] 王忠华,郭元朝,照日格图,锡林郭勒盟正镶白旗放养肉(牧)鸡草原生物灭蝗[J]. 内蒙古草业,2001,13(4):54-57.
Wang Zhonghua, Guo Yuanchao, Zhao Rigelu. Herding chicken controlling grasshopper in Xilingol grassland [J]. *Inner Mongolia Prataculture*, 2001,13(4):54-57.
- [42] 颜生林,苏庆义,吉汉忠,陆元彪,赵玉林,赵晓军. 牧鸡防治草原蝗虫效果试验[J]. 青海草业,2004,13(2):14-19.
Yan Shenglin, Su Qingyi, Ji Hanzhong, Lu Yuanbiao, Zhao Yulin, Zhao Xiaojun. Effect trial on controlling locusts by herding chicken [J]. *Qinghai Prataculture*, 2004,13(2):14-19.
- [43] 侯丰. 牧鸡防治草地蝗虫技术与效果研究[J]. 中国草地,1997,(4):40-42.
Hou Feng. Research of effect and technology of locusts control by means of grazing chicken on grassland [J]. *Grassland of China*, 1997,(4):40-42.
- [44] 冯立涛,张卫东,崔国盈,刘生明. 养鸭灭蝗试验效果和教学经验[J]. 新疆畜牧业,2003,(4):22-23.
Feng Litao, Zhang Weidong, Cui Guoying, Liu Shengming. The lesson and effect of experiment with utilizing duck control grasshoppers [J]. *Xinjiang Xumuye*, 2003,(4):22-23.
- [45] 塔来提,龚红花,周多林,道理洪. 高海拔草场赛里木湖畔养鸭治蝗试验报告[J]. 新疆畜牧业,2003,(3):42-44.
Ta Laiti, Gong Honghua, Zhou Duolin, Dao Lihong. Experiment of utilizing duck to control grasshoppers in high altitude grassland [J]. *Xinjiang Xumuye*, 2003,(3):42-44.
- [45] 冯立涛,崔国盈,赵桂林,刘生明. 养鸭治蝗试验效果初报[J]. 草食家畜,2001,11(2):39-40.
Feng Litao, Cui Guoying, Zhao Guilin, Liu Shengming. Experiment of utilizing duck to control grasshoppers [J]. *Grassfeeding Livestock*, 2001,11(2):39-40.
- [46] 颜生林,韩启龙,苏庆义,吉汉忠,张国民. 高寒牧区牧鸭治蝗试验报告[J]. 青海草业,2004,13(3):17-19.
Yan Shenglin, Han Qilong, Su Qingyi, Ji Hanzhong, Zhang Guoming. Duck and herded in high and cold pastweland eliminates locusts the insect effect experiment [J]. *Qinghai Prataculture*, 2004,13(3):17-19.
- [47] 王振平,严毓骅. 蝗虫天敌可利用性分析及研究进展[J]. 中国草地,1999,(6):54-59.
Wang Zhenping, Yan Yuhua. The research advances in utilizing natural enemies of grasshopper [J]. *Grassland of China*, 1999,(6):54-59.
- [48] 王建华,黄立军,郑 . 人工招引粉红椋鸟控制蝗害技术推广[J]. 新疆农业科学,1998,(5):234-236.
Wang Jianhua, Huang Lijun, Zheng Tong. The technology of utilizing rosy Starling (*Sturnus roseus*) control grasshoppers [J]. *Xinjiang Agricultural Sinica*, 1998,(5):234-236.

The Biological Controlling Technique and Research Advance of Grasshoppers in Grassland in China

SUN Tao¹, LONG Rui-jun²

- (1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;
2. International Centre for Tibetan Plateau Ecosystem Management, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The research on biological controlling grasshoppers with animalcule, herding chicken and duck, *sturnus roseus*, etc. were summarized, and current research situation in biological controlling grasshoppers in China was discussed, at the same time, the questions existed in biological controlling grasshopper were analyzed briefly to provide reliable basis for effectively controlling grasshoppers.

Key words: Grassland; Grasshopper; Biological control; Research advance